

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-37478

(43) 公開日 平成8年(1996)2月6日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 3/06	C			
G 1 1 B 20/10	3 2 1 A	7736-5D		

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-245584

(22) 出願日 平成6年(1994)10月11日

(31) 優先権主張番号 特願平5-321836

(32) 優先日 平5(1993)12月21日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平6-105798

(32) 優先日 平6(1994)5月19日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 松下 克彦

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

(72) 発明者 佐滝 昇

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

(72) 発明者 杉村 幸生

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

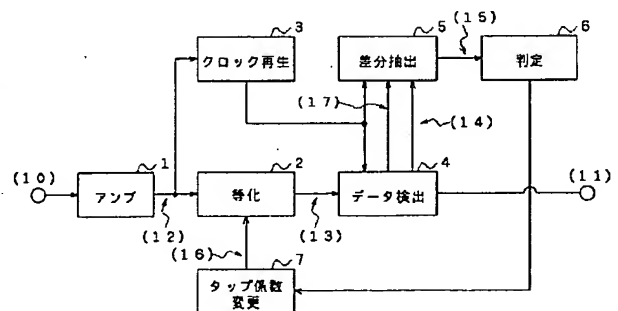
(74) 代理人 弁理士 鳥居 洋

(54) 【発明の名称】 自動等化器

(57) 【要約】

【目的】 最適な状態に収束するまでの時間を短くすることが可能な自動等化器を提供することを目的とする。

【構成】 パラメータの変更が可能な等化器2と、上記等化器2の出力信号からデータを識別するデータ検出回路4と、識別されたデータ(14)ごとに期待値を設定するとともに、この期待値と上記等化器2の出力信号に基づき上記データ検出回路4で生成したアナログ1ビット遅延出力(17)の信号レベルとの差分を抽出する差分抽出回路5と、上記の差分データ(15)から等化誤差を生成するとともにこの等化誤差に基づき当該誤差が小さくなるように上記等化器2のパラメータを設定する手段(判定回路6、タップ係数変更回路7)とを備えた。



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パラメータの変更が可能な等化器と、上記等化器の出力信号からデータを識別する手段と、識別されたデータごとに設定された期待値と上記等化器の出力信号に基づく信号レベルとの差分を抽出する手段と、上記の差分データから等化誤差を生成する手段と、この等化誤差に基づき当該誤差が小さくなるように上記等化器のパラメータを設定する手段とを具備していることを特徴とする自動等化器。

【請求項 2】 上記等化器の出力信号に基づく信号レベルから識別データごとの期待値を生成する手段を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の自動等化器。

【請求項 3】 一つの期待値演算回路を備え、この期待値演算回路の出力に基づいて他の期待値をも生成し、前記一つの期待値演算回路の出力或いは前記生成された他の期待値又は予め与えられている固定値のうちからいずれかを前記識別データによって選ぶことにより、識別データごとの期待値を生成するように構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の自動等化器。

【請求項 4】 前記等化器のタップ係数最小変更量、及び、等化誤差を求めるために必要となるデータ量が、前記タップ係数最小変更量の変化に対する収束確率をデータ量について求めた関係に基づいて定められていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の自動等化器。

【請求項 5】 再生系の信号ノイズ比によって定まる前記関係の飽和状態における前記データ量のうちのデータ量の少ないものが当該再生系のデータ量として採用されるとともに、そのデータ量での前記収束確率が 90% 以上のときのタップ係数最小変更量の値以上の値が当該再生系のタップ係数最小変更量として採用されていることを特徴とする請求項 4 に記載の自動等化器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ディジタル信号を記録再生する装置或いは通信装置等に用いられる等化器であって、特にパラメーターを自動的に最適設定できる自動等化器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、ディジタル信号の再生や通信に際して発生するディジタルデータのエラーを低減するために波形等化器が用いられる。例えば、ディジタル VTR などの記録再生装置の再生系では、トランスバーサルフィルタなどで構成される波形等化器により、記録再生での高域の劣化や波形歪みを補償してディジタルデータが正しく検出されるようにしている。

【0003】 そして、上記波形等化器においては、その用いられる機器の伝送系に適したものとするために、予めそのパラメーターは製品出荷時などにおいて適正に調整された上で固定されるのが通例である。

## 2

【0004】 ところが、例えば、記録再生装置では、磁気ヘッドと磁気テープや光ピックアップと光ディスクなどの特性の経時変化や環境変化などの様々な要因によって再生系の周波数特性に変動が生じる。このような変動があるとその波形等化器はその伝送系に適したものではなくてしまい、エラーが増加する。このため、波形等化器としては、再生系の周波数特性の変動に対応して常に最適な状態を維持できる機能を備えた自動等化器が望まれるようになっている。

【0005】 従来の自動等化器としては、信号誤り率を評価関数として波形等化器の特性パラメーターを自動的に変化させるものが知られている（特開平 2-239731 号公報（H04B3/06）参照）。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の自動等化器では、等化器を最適な状態に設定できるものの、信号の誤り率を評価関数としているために、特性パラメータを決定するためのデータ量がかなり多く必要になり、このため最適な状態に収束するまでの時間が長くなるという欠点がある。

【0007】 本発明は、上記の事情に鑑み、最適な状態に収束するまでの時間を短くすることが可能な自動等化器を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の自動等化器は、パラメータの変更が可能な等化器と、上記等化器の出力信号からデータを識別する手段と、識別されたデータごとに設定された期待値と上記等化器の出力信号に基づく信号レベルとの差分を抽出する手段と、上記の差分データから等化誤差を生成する手段と、この等化誤差に基づき当該誤差が小さくなるように上記等化器のパラメータを設定する手段とを具備していることを特徴としている。

【0009】 また、上記構成において、上記等化器の出力信号に基づく信号レベルから識別データごとの期待値を生成する手段を備えるようにしてもよい。

【0010】 また、上記の構成において、一つの期待値演算回路を備え、この期待値演算回路の出力に基づいて他の期待値をも生成し、前記一つの期待値演算回路の出力或いは前記生成された他の期待値又は予め与えられている固定値のうちからいずれかを前記識別データによって選ぶことにより、識別データごとの期待値を生成するように構成されていてもよい。

【0011】 また、上記いずれかの構成において、前記等化器のタップ係数最小変更量、及び、等化誤差を求めるために必要となるデータ量が、前記タップ係数最小変更量の変化に対する収束確率をデータ量について求めた関係に基づいて定められていてもよい。

【0012】 また、上記の構成において、再生系の信号ノイズ比によって定まる前記関係の飽和状態における前

10

20

30

40

50

## 3

記データ量のうちのデータ量の少ないものが当該再生系のデータ量として採用されるとともに、そのデータ量での前記収束確率が90%以上のときのタップ係数最小変更量の値以上の値が当該再生系のタップ係数最小変更量として採用されていてもよい。

## 【0013】

【作用】上記第1の構成によれば、上記等化器で波形等化された信号からデータを識別し（例えば、0、1や-1、0、1）、この識別されたデータごとに期待値が設定され、この期待値と上記等化器の出力信号に基づく信号レベルとの差分が求められ、更に、この差分データから等化誤差が求められる。そして、この等化誤差が小さくなるようにパラメータが設定されることになる。このように、信号誤り率ではなくて上記の等化誤差を求めてパラメータを設定するものであり、上記等化誤差を求めるために必要となるデータ量は信号誤り率を求める場合のデータ量に較べて少なく済むため、短時間で高精度な等化特性の設定が可能となる。

【0014】また、上記第2の構成によれば、等化器の出力信号に基づく信号レベルから識別データごとの期待値を生成するので、上記信号レベルが変動する場合（記録再生装置において倍速再生を行う場合）にも対応することができる。

【0015】また、上記第3の構成によれば、一つの期待値演算回路を備えればよいので回路構成の簡素化を図ることができる。

【0016】また、上記第4の構成によれば、必要な収束確率が得られないといった事態を回避することができる。

【0017】ところで、等化器のタップ係数最小変更量が小さいほどきめ細かな等化特性の制御が可能となるが、タップ係数を変更したときの等化誤差の変化が小さいため、再生データの違いやノイズによる等化誤差のばらつきの影響によって、等化誤差が最小となるところ（収束点）に前記タップ係数を迅速にもっていくことができない場合が起こり得る。また、等化誤差を求めるために必要となるデータ数を多くするほど等化誤差のばらつきを小さくできるのであるが、前記データ数をいくら増やしても、必要とする収束確率を得るのに必要なタップ係数最小変更量が殆ど小さくならない状態、即ち、飽和状態が生じる。

【0018】上記第5の構成によれば、必要な収束確率を得つつ、データ数をできるだけ少なくして収束速度を早めるとともに、タップ係数最小変更量をできるだけ小さくしてきめ細かい制御を行うことができる。

## 【0019】

## 【実施例】

（実施例1）以下、本発明をその実施例を示す図に基づいて説明する。

【0020】本実施例では、デジタルVTRの自動等

## 4

化器を示す。また、このデジタルVTRにおいて、データ検出は、パーシャルレスポンスクラスIVを用いて行っている。

【0021】図1はパーシャルレスポンスクラスIVを説明する図であり、同図の（a）には信号の変換要素を示し、同図の（b）には各要素により変換された信号波形を示している。以下、パーシャルレスポンスクラスIVについて上記の図1を用いて簡単に説明する。入力信号（A）は、デジタル変調（I-NRZ方式）によって信号（B）に変調されてヘッドテープ系にて記録される。そして、これを再生した信号（C）はトランスバースルフィルタを経ることにより波形等化された信号（D）となり、更にアナログ1ビット遅延されて信号（E）となり、比較器によって出力信号（F）を得る。即ち、図の例では、“…，1，0，1，…”となる入力信号（A）は、最終的に出力信号（F）において“…，1，0，1，…”となり、再生が行われたことになる。

【0022】図2に本実施例の自動等化器を示す。再生信号（10）は、再生アンプ1にて増幅されて再生信号（12）とされた後、2系統に分けられ、一方は等化回路2に入力され、他方はクロック再生回路3に入力される。クロック再生回路3からは、再生信号に同期したクロックが生成され、データ検出回路4および差分抽出回路5に入力される。

【0023】等化回路2は、増幅された再生信号（12）を波形等化し、この波形等化した信号（13）をデータ検出回路4に出力する。

【0024】図3は等化回路2を示したブロック図である。等化回路2は、再生信号（12）の信号入力線に設けられた遅延素子20、21、22、23と、再生信号（12）及び上記の遅延素子20、22、23にて遅延された出力を入力し、これに各々設定されたタップ係数を乗算した値を出力する利得調整回路25、26、27、28と、これら利得調整回路25～28の出力及び遅延素子21の出力を加算して出力する加算器24とを備えて成る。

【0025】上記利得調整回路のうち利得調整回路25、28のタップ係数は固定になっているが、利得調整回路26、27については、タップ係数変更回路7からのタップ係数変更信号によって各々タップ係数が変更されるようになっている。

【0026】データ検出回路4は、アナログ1ビット遅延出力（17）及び識別データ（14）を差分抽出回路5に出力するとともに、再生出力データ（11）を出力するものである。

【0027】図4はデータ検出回路4を示したブロック図である。データ検出回路4は、アナログ1ビット遅延回路41、検出レベル作成回路42、比較器43、及びデータ検出部44を備えて成る。

【0028】アナログ1ビット遅延回路41は、前述の

パーシャルレスポンスクラスIVにおける信号(E)の生成動作を行うものであり、アナログ1ビット遅延出力(17)を生成する。

【0029】検出レベル作成回路42は、アナログ1ビット遅延出力(17)が-1, 0, 1のうちどの値となるかの基準となる検出レベル(61), (62)を比較器43に出力する。

【0030】比較器43は、アナログ1ビット遅延出力(17)と、検出レベル(61), (62)とを入力し、-1, 0, 1のいずれかである識別データ(14)を差分抽出回路5に出力する。識別データ(14)は、上記の出力(17)が検出レベル(61)より高ければ“1”とされ、検出レベル(61)と(62)の間であれば“0”とされ、検出レベル(62)より低ければ“-1”とされる。

【0031】データ検出部44は、識別データ(14)を入力し、“-1”に対して“1”を、“0”に対して“0”を、“1”に対して“1”を再生出力データ(11)として出力する。

【0032】差分抽出回路5は、アナログ1ビット遅延出力(17)と識別データ(14)とを入力し、期待値(63), (64), (65)を生成するとともに、差分データ(15)を判定回路6に出力するようになっている。

【0033】図5は、差分抽出回路5を示したブロック図である。差分抽出回路5は、A/D変換器30、期待値演算回路31, 32, 33、切替器34、及び差分演算回路35を備える。

【0034】A/D変換器30は、アナログ1ビット遅延出力(17)をデジタル化した値を期待値演算回路31, 32, 33、及び差分演算回路35に出力する。

【0035】期待値演算回路31, 32, 33は、識別データ“-1”, “0”, “1”ごとの期待値(63), (64), (65)をそれぞれ演算により求める。例えば、期待値演算回路31は、データ“-1”と判断されたときのアナログ1ビット遅延出力(17)をN個(N>1)保持し、そのレベルの平均値(或いは2乗平均値)を期待値(63)とする。同様に、期待値演算回路32, 33は、データ“0”, “1”と判断されたアナログ1ビット遅延出力(17)のN個のレベルの平均をそれぞれ期待値(64), (65)とする。

【0036】この具体的動作を期待値演算回路33について説明する。この演算回路33はN個分のデジタルデータ格納部を有しており、識別データ(14)が“1”のときのデジタル化された遅延出力(17)を取り込んで最も古いデータの格納部分に書き込み、これを含めた新たなN個の値の合計値をNで割った値を期待値(65)として出力する。即ち、識別データ(14)が“1”とされる毎にデータを更新してN個の移動平均を算出する。他の期待値演算回路31, 32についても

同様である。

【0037】切替器34は、識別データ(14)のデータに従って期待値演算回路31, 32, 33の出力を切り換えて差分演算回路35に出力する。例えば、識別データ(14)が“1”であれば、期待値演算回路33が選択され、その出力である期待値(65)が差分演算回路35に入力されることになる。識別データとして他のデータ“0”, “-1”が入力されればそれに従った切替えがなされる。

【0038】差分値演算回路35は、アナログ1ビット遅延出力(17)をデジタル化した値と、期待値(63), (64), (65)のうち上記の切替器34で選択された期待値との差分を演算して差分データ(15)を出力する。

【0039】判定回路6は、差分抽出回路5から順次出力されてくる差分データ(15)を入力し、これに基づいて等化誤差を算出し、更に、この等化誤差からタップ係数変更信号をタップ係数変更回路7に出力する。タップ係数変更回路7は上記の変更信号に基づいてタップ係数(16a), (16b)を出力する。

【0040】具体的には、判定回路6は、M個分の差分データ格納部を有しており、M個の差分データの総和から等化誤差を算出してこの等化誤差を記憶し、新たなタップ係数変更信号を求め、これをタップ係数変更回路7に出力する。そして、この新たなタップ係数変更信号によるタップ係数(16a), (16b)で得られるその後のM個の差分データの総和から再び等化誤差を算出してこれを記憶し、これと前回記憶した等化誤差との比較で、等化誤差が小さくなる方向に再び新たなタップ係数変更信号を求め、これをタップ係数変更回路7に出力することを繰り返す。

【0041】次に、上記のタップ係数変更の一連の動作について図6を用いて詳しく述べる。図6は、アナログ1ビット遅延出力(17)と、検出レベル(61), (62)と、期待値(63), (64), (65)との関係を示したグラフである。図中の $a_1, a_2, \dots, a_{15}$ は、クロック再生回路3によるクロックに基づきデータ検出回路4から出力されるアナログ1ビット遅延出力(17)の検出位置を示している。

【0042】信号位置 $a_1$ では、信号レベルは検出レベル(62)より低いのでデータ“-1”というように検出される。ここで、このデータ“-1”に対する期待値は期待値(63)であり、その差分データは図中の $\Delta a_1$ となる。その次の信号位置 $a_2$ での信号レベルは検出レベル(61)より高いのでデータ“1”というように検出され、このデータ“1”に対する期待値は期待値(65)であるのでその差分データは $\Delta a_2$ となる。また、信号位置 $a_3$ では信号レベルは検出レベル(61), (62)の間であるのでデータ“0”というように検出され、このデータ“0”に対する期待値は期待値

(64)であり、その差分データは $\Delta a_3$ となる。以下、同様に差分データが求められていく。

【0043】上記差分データの算出処理をM回行うことにより、差分データ列( $\Delta a_1, \Delta a_2, \dots, \Delta a_m$ )が得られ、これを累積加算して等化誤差 $S_0$ を得る。次に、利得調整回路26のタップ係数(16a)を $C_{-1}$ としてこれをそのまま(タップ係数変更信号は不変更)維持し、利得調整回路27のタップ係数(16b)を $C_1$ として、 $C_1 + \Delta C_1$ となるようにタップ係数変更信号を生成する。その後、上記処理を同じくM回行うことによって新たな等化誤差 $S_1$ を得る。ここで、 $S_0 > S_1$ となったときは、利得調整回路27のタップ係数 $C_1 + \Delta C_1$ を更に同一方向へ $\Delta C_1$ 変化させて $C_1 + 2\Delta C_1$ となるようにタップ係数変更信号を生成する。逆に、 $S_0 < S_1$ となったときは、利得調整回路27のタップ係数が $C_1 - \Delta C_1$ となるようにタップ係数変更信号を生成する。なお、 $S_0 = S_1$ となった場合は利得調整回路27のタップ係数はどちらに変更させてもよい。

【0044】利得調整回路27のタップ係数の変更をP回(Pは1以上)繰り返した後、利得調整回路26のタ

ップ係数 $C_{-1}$ の変更を同様にP回繰り返す。そして、この一回のタップ係数の変更動作を更に何回か繰り返すことにより、高精度な等化特性の設定が可能となる。

【0045】以上のように、信号誤り率ではなくて上記の等化誤差を求めてパラメータを設定するものであるから、上記等化誤差を求めるために必要となるデータ量は信号誤り率を求める場合のデータ量に較べて少なく済み、短時間で高精度な等化特性の設定が可能となる。例えば、上記のMを $10^3$ 個としても、従来の信号の誤り率を評価関数とする場合に較べ、特性パラメータを決定するためのデータ量はかなり少なく、最適な状態に収束するまでの時間が短くなる。また、アナログ1ビット遅延出力(17)の信号レベルから識別データごとの期待値を生成するので、上記信号レベルが変動する場合(記録再生装置において倍速(2倍, 3倍,  $1/2$ 倍等)再生を行う場合)にも対応することができる。

【0046】(実施例2)以下、本発明の他の実施例を説明する。

【0047】本実施例の自動等化器は、差分データから等化誤差を生成する点で実施例1と同じであるが、実施例1が差分データ列( $\Delta a_1, \Delta a_2, \dots, \Delta a_m$ )を累積加算して等化誤差 $S$ を得る( $S = \sum \Delta a_i$ )のに対し、本実施例では、図8に示すように、検出点の期待値 $L_i$ によって差分 $\Delta a_i$ を正規化することにより等化誤差 $S'$ を得ている。即ち、等化誤差 $S'$ は、 $S' = \sum \Delta a_i / L_i$ による演算により求めている。

【0048】このため、本実施例では、図7及び図9に示すように、差分値演算回路35'は、アナログ1ビット遅延出力(17)をデジタル化した値と、切替器34'を経て供給される各データについての期待値との

差分 $\Delta a_i$ を差分演算器35b'にて演算するとともに、更に除算器35a'を有し、この除算器35a'にて差分 $\Delta a_i$ をデータ“1”についての期待値 $L_i$ で割り算し、この割り算した値を差分データ(15')として出力する。

【0049】そして、判定回路6は、上記の差分データ(15')を入力し、これを累積加算器にて累積加算して等化誤差 $S'$ を算出し、実施例1と同様、タップ係数変更信号をタップ係数変更回路7に出力する。

10 【0050】これにより、一層良好な等化特性が安定して得られることになる。即ち、実施例1の構成では、等化器の出力信号に基づく信号レベルから識別データごとの期待値を生成し、倍速再生にも対応できるようにしているものの、時にこの倍速再生で等化特性が最適になる状態に収束できない場合が生じる。この点、本実施例の構成によれば、差分を期待値 $L_i$ (基準レベル)で正規化して等化誤差 $S'$ を得るので、倍速再生時(振幅変動有)でも、通常再生時(振幅一定)と同様に良好な特性が安定して得られる。

20 【0051】また、本実施例では、データ“1”についての期待値(65)を生成する期待値演算回路32を一つだけ備えることとして回路構成の簡素化を図っている。これは、期待値(64)は略“0”であるので0レベルに固定することができ、期待値(63)と(65)の絶対値は同じで正負逆の関係にあり、いずれかを入力して他方はそれと逆レベルにすればよい。そこで、切替器34'に、かかる0レベル出力機能と逆レベル出力機能を持たせるとともに、信号(14)による切換動作でこれら3つの期待値を切り換えて出力することにより、上記のごとく回路構成の簡素化を図っている。

30 【0052】なお、以上の実施例では、パースナルレスポンスクラスIVの3値検出で行ったが、この3値検出だけでなく、積分検出などの2値検出やパースナルレスポンスの他のクラス(2値検出, 5値検出)でも同様に自動等化器を構成できる。また、タップ係数が可変な利得調整回路を2系統としたが、3系統以上としてもよいものであり、更に、等化誤差を得た後のタップ係数の設定方法についても前述した方法に限らず、他の方法を用いてもよいものである。また、通常再生と倍速再生とで、等化誤差 $S$ ( $S = \sum \Delta a_i$ )と等化誤差 $S'$ ( $S' = \sum \Delta a_i / L_i$ )とを切り換えて出力するようにしてもよい。

【0053】(実施例3)以下、本発明の他の実施例について説明する。本実施例は、等化回路2におけるタップ係数の変更が可能な利得調整回路26, 27のタップ係数最小変更量に関するものである。

【0054】タップ係数最小変更量が小さいほどきめ細かな等化特性の制御が可能となるが、タップ係数を変更したときの等化誤差の変化が小さいため、再生データの40 違いやノイズによる等化誤差のばらつきの影響によつ

て、等化誤差が最小となる場所（収束点）に前記タップ係数をもっていくことができない場合が起こり得る。また、等化誤差を求めるために必要となるデータ数を多くするほど等化誤差のばらつきを小さくできるのであるが、前記データ数をいくら増やしても、必要とする収束率（例えば、95%）を得るのに必要なタップ係数最小変更量が殆ど小さくならない状態が生じる。

【0055】図10は、或るテープ／ヘッド系（再生系）についてのタップ係数最小変更量に対する収束率を示したグラフであり、等化誤差を求めるために必要となるデータ数が1000個、2000個、3000個、4000個、及び5000個の場合について各々示している。この図から分かるように、例えば、タップ係数最小変更量を $1/35$ （図3の図中Sで示すセンタータップの係数を“1”としたときの値）とした場合、データ数が1000個では収束率は15%であり、データ数が2000個では収束率は70%であり、データ数が3000個以上である場合には、収束率はどれも95%となる。

【0056】図10のテープ／ヘッド系においては、データ数を3000個以上としても収束率に殆ど変化がない（以下、この状態を飽和状態という）。そして、タップ係数最小変更量はできるだけ小さい方がきめ細かい制御を行う上で望ましく、また、収束率としては95%以上を確保するのが望ましい。このことから、図10のテープ／ヘッド系では、データ数を3000個とし、タップ係数最小変更量を $1/35$ に設定した。なお、データ数を3000個とする場合は、タップ係数最小変更量を $1/35$ 以上にしても収束率95%以上を確保することができる。

【0057】前述の飽和状態が生じてしまうのは、テープ／ヘッド系のノイズが影響するためと考えられる。テープ／ヘッド系のノイズは $C/N$ で表され、従って、この $C/N$ との関係で定まる上記飽和状態において、最低個数のデータ数を採用するとともに、収束率95%（90%以上でも実用に耐え得る）を確保し得るタップ係数最小変更量を設定すればよいことになる。上記の図10の場合であれば、タップ係数最小変更量を $1/35$ とすればよい。ただし、今後、テープ／ヘッド系の $C/N$ が向上すれば、タップ係数最小変更量として、 $1/40$ 等を採用し得る可能性もある。

【0058】上記図10に示したデータを得たときの測定条件は、 $W-C/N$ が26dBであった。 $W-C/N$ を得るには、ナイキスト周波数を記録再生し、そのときのナイキスト周波数の再生レベル（peak-to-peak）をC（キャリア）とし、また、N（ノイズ）は、周波数が0からクロック周波数までのノイズを積分したものをrms（root mean square）で数値化すればよい。

【0059】また、上記の図10に示したデータを得る

ときの測定条件として、タップの更新があるが、この更新方法としては、例えば、以下のケース1～ケース4の4つの手法がある。図10においては、ケース1の手法を用いた。なお、ケース1の手法は、実施例1で既に述べた手法でもある。

【0060】ケース1の手法は、模式的に示すと、図11の（a）のようになり、一方のタップ（ $C_{-1}$ 又は $C_1$ ）を仮固定し、他方のタップを更新し、この条件で等化誤差が最小となれば、仮固定されるタップ係数と更新されるタップ係数を入れ換えてこれを繰り返し行い、入れ換えても最小であればそこで固定する方法である。

【0061】ケース2の手法は、模式的に示すと、図11の（b）のようになり、現在のタップ係数と4方向のタップ係数での等化誤差を計算し、この中で等化誤差が最小となる方向へタップ係数を変更し、現在のタップ係数で最小になればそこで固定する方法である。

【0062】ケース3の手法は、模式的に示すと、図11の（c）のようになり、現在のタップ係数と4方向のタップ係数での等化誤差を計算し、この中で等化誤差の最小と最大の情報から8方向へタップ係数を更新し、現在のタップ係数で最小になればそこで固定する方法である。

【0063】ケース4の手法は、模式的に示すと、図11の（d）のようになり、現在のタップ係数と8方向のタップ係数での等化誤差を計算し、この中で等化誤差が最小となる方向へタップ係数を更新し、現在のタップ係数で最小になればそこで固定する方法である。

【0064】以上のケース2～4の手法であれば、ケース1の手法よりも等化誤差を最小点に収束させる範囲を広くすることが可能となる。

【0065】また、タップ係数の変更量の制御方法としては、例えば、以下の3つのケースが考えられる。なお、図10においては、ケースAの手法を用いた。

【0066】ケースA：1ステップ（前述のようにして採用されたタップ係数最小変更量 $\times 1$ ）ずつ変化させる。

【0067】ケースB：2ステップ（前述のようにして採用されたタップ係数最小変更量 $\times 2$ ）ずつ変化させ、等化誤差が最小となれば次に1ステップずつ変化させる。

【0068】ケースC：4ステップ（前述のようにして採用されたタップ係数最小変更量 $\times 4$ ）ずつ変化させ、等化誤差が最小となれば次に1ステップずつ変化させる。

【0069】以上のケースにおいて、等化誤差を最小点に収束させる範囲は、A、B、Cの順に広がる。

【0070】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、等化誤差を求めるために必要となるデータ量は信号誤り率を求める場合のデータ量に較べて少なく済むので、短時間

で高精度な等化特性の設定が行える。また、等化器の出力信号に基づく信号レベルから識別データごとの期待値を生成することにより、上記信号レベルが変動する場合にも対応することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 パーシャルレスポンスレベル I V の説明図である。

【図 2】 本発明の自動等化器を示すブロック図である。

【図 3】 等化器を示すブロック図である。

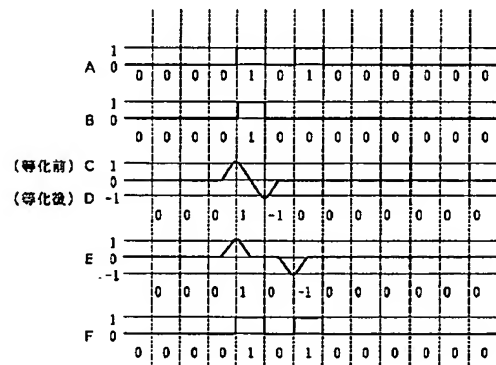
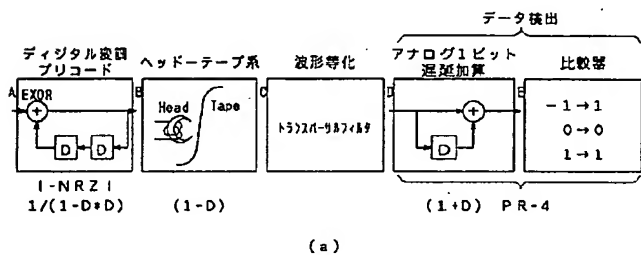
【図 4】 データ検出回路を示すブロック図である。

【図 5】 差分抽出回路を示すブロック図である。

【図 6】 アナログ 1 ビット遅延出力と、検出レベルと、期待値との関係、並びに差分データを示すグラフである。

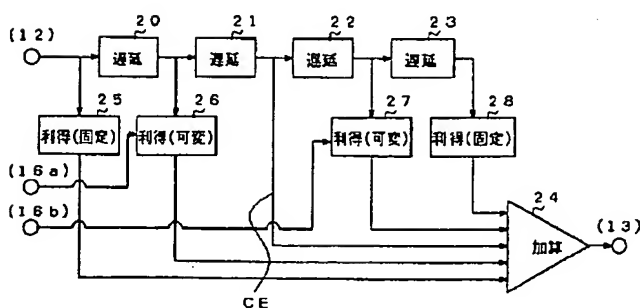
【図 7】 差分抽出回路の他の例を示すブロック図である。

【図 1】



(b)

【図 3】



【図 8】 アナログ 1 ビット遅延出力と、検出レベルと、期待値との関係、並びに差分データを示すグラフである。

【図 9】 本発明の他の自動等化器における差分演算回路のブロック図である。

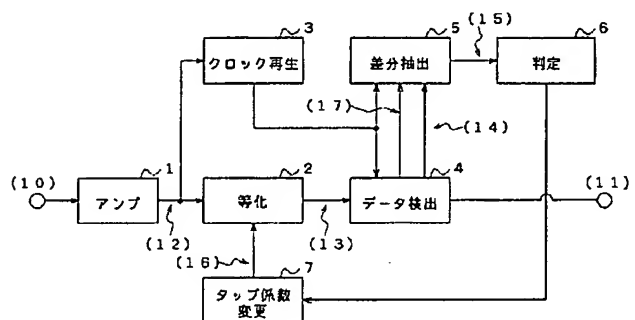
【図 10】 本発明の或るテープ/ヘッド系におけるタップ係数最小変更量と収束率との関係を示したグラフである。

【図 11】 本発明のタップ更新方法を示す模式図である。

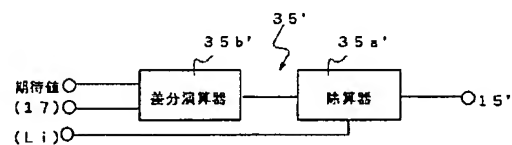
【符号の説明】

- 2 等化回路
- 4 データ検出回路
- 5 差分抽出回路
- 6 判定回路
- 7 タップ係数変更回路

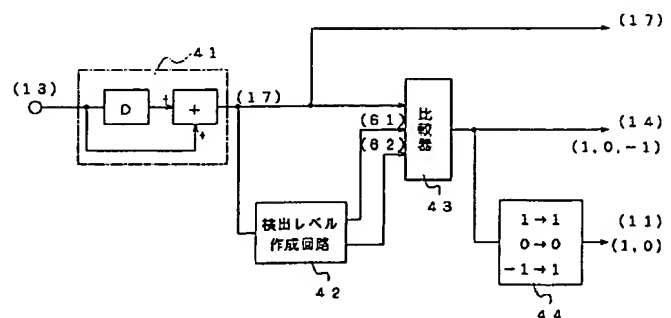
【図 2】



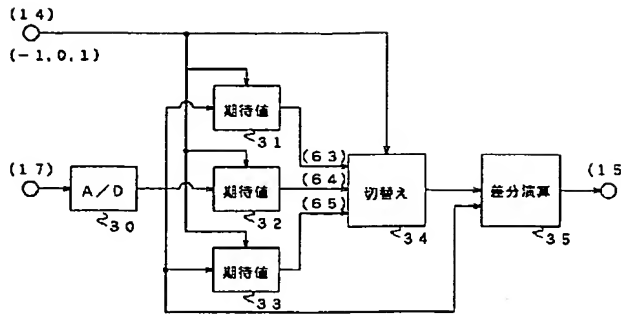
【図 9】



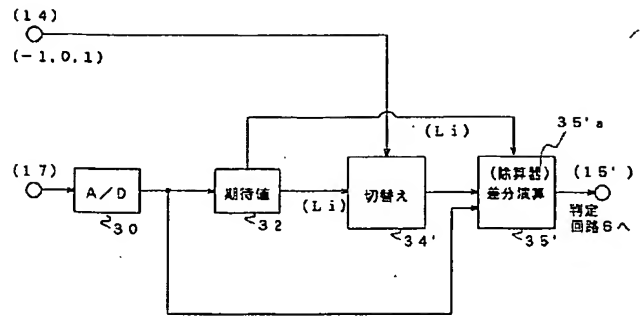
【図 4】



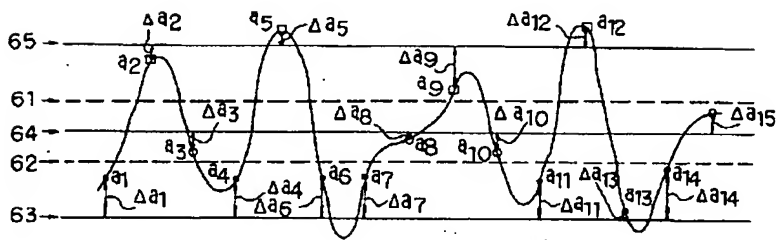
【図 5】



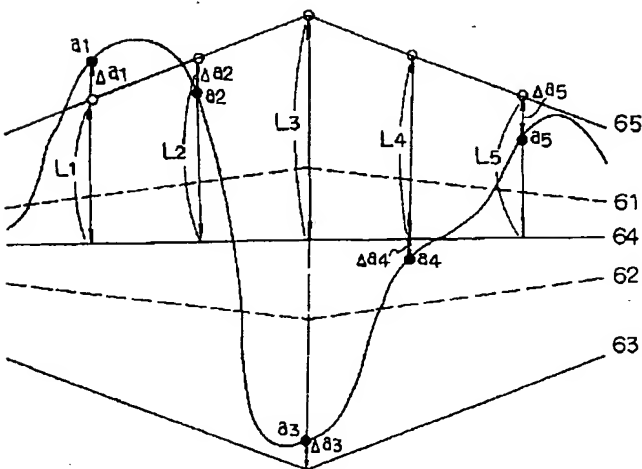
【図 7】



【図 6】

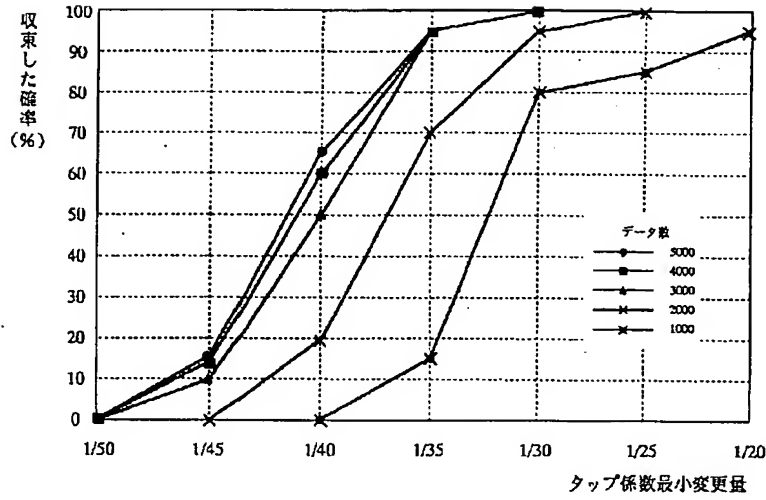


【図 8】





【図10】



【図11】

